下载APP

19 | 复制（一）：主从复制从副本的数据可以读吗？

2022-03-16 陈现麟

《深入浅出分布式技术原理》 课程介绍 >

讲述：张浩

时长 13:20 大小 12.22M

你好，我是陈现麟。

通过学习“分片”的内容，我们使用分片技术，让数据按一定的策略分布到多台机器上，解决了极客时间用户量快速增长，导致存储或处理的用户数据量超过单台机器限制的问题。

但是，我们还不能高兴得太早，如果现在有一台提供数据服务的机器，由于宕机、网络不通等原因不可用了，那这一台机器上的所有数据分片就都不能被访问，这对于极客时间要求 7 * 24 小时提供服务的系统来说是不能接受的，而这就是我们工作中经常会涉及的可用问题的场景。

那么从这节课开始，我们将一起花三节课的时间来解决这个问题。这一节课，我们先讨论让存储服务高可用的思路，接着讨论具体的解决方法，即数据复制的三种方案，最后学习第一种主从复制的基本原理，另外两种数据复制的方案在后面的两节课程中我们再来讨论。

如何让存储服务高可用

通过分析上文提到的场景，我们可以迅速锁定这是存储服务高可用的问题，解决高可用问题通常有两个思路：

第一种思路是避免故障出现。我们通过深入细节，一个一个去消除可能导致故障的原因，从而避免故障的出现，比如停电会导致宕机，那么我们就增加备用电源。但是这样，我们会遇到两个无法确定的问题：

> 我们可能无法穷尽所有的可能性，如果一个意料之外的问题出现了，故障就会发生。
>
> 我们虽然知道某些故障的原因，但是无法控制，比如机房会因为海啸、台风等自然不可抗力原因而宕机，在一定成本范围内，我们没有好的办法来防范。

而第二种思路则恰恰相反，**接受故障随时可能出现的事实，通过冗余的方法让系统在故障发生时，也能够正常提供服务。**这也正是第 15 讲“被动故障恢复”中，通过多预案冗余来解决问题的思路。其实，只要我们能够接受提供的冗余机器和人力成本，那么冗余就是值得优先考虑的方案。

数据复制的三种方案

通过上述的思考和讨论，本课开头提出的极客时间存储服务的高可用问题，就变成了下面两个子问题：

1. 我们有没有办法让提供数据服务的机器永远可用？

2. 我们将每一份数据都复制到多台机器上，让它们都能提供相关的数据服务，这个成本我们能接受吗？

对于目前的计算机系统来说，第 1 个子问题的答案显然是否定的。

而第 2 个子问题的解决其实也非常困难，虽然我们能接受数据复制的成本，但是这个成本真的非常大。首先，数据复制导致的相关硬件成本是成倍增长的。其次，由于数据是持续变化的，导致复制操作不能一次完成，我们必须持续将这些变化复制到它所有的节点上，这就给分布式存储带来一个非常大的麻烦：在数据复制的过程中，由于节点可用性和网络中断等各种原因，可能会导致不同节点的数据不完全相同，这就是数据的一致性问题。

数据一致性问题是伴随整个分布式存储发展的技术与理论，它是分布式存储的核心问题，在后面“一致性与共识”的课程中会有深入的介绍。

虽然数据复制的成本和复杂度非常大，但是为了让存储服务高可用，我们也别无选择。下面我们先介绍一下数据复制的一些基本概念。

对于一个数据集来说，每个保持完整数据集的节点我们称为副本。如果一个副本接受外部客户端的写请求，并且这个副本在新数据写入本地存储后，通过复制日志和更改流将新数据发送给所有的副本，那么**我们就将接受写请求的副本称为主副本，其他的副本称为从副本，从副本可以接受读请求**。

于是，基于是否有主副本，有一个还是多个主副本，我们可以将数据复制的方案分为以下三种：

主从复制：整个系统中只有一个主副本，其他的都为从副本。

多主复制：系统中存在多个主副本，客户端将写请求发送给其中的一个主副本，该主副本负责将数据变更发送到其他所有的主副本。

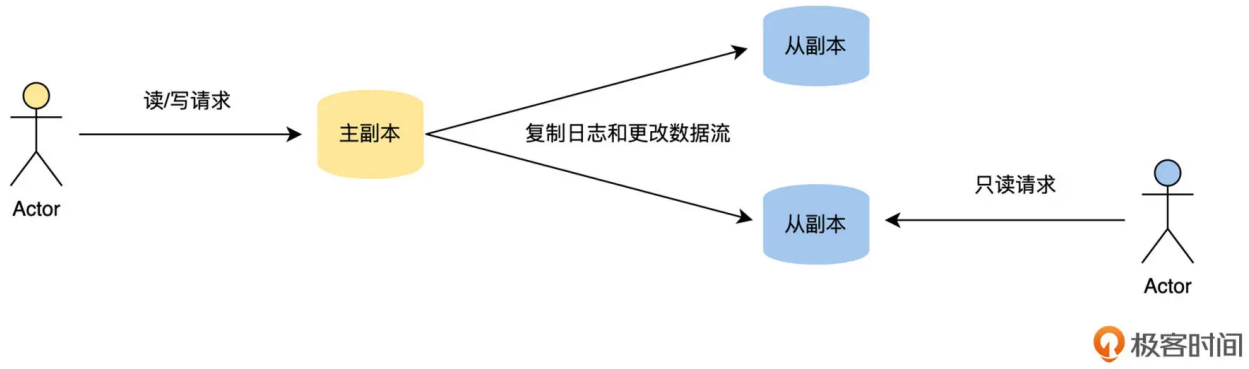
无主复制：系统中不存在主副本，每一个副本都能接受客户端的写请求，接受写请求的副本不会将数据变更同步到其他的副本。

主从复制的工作流程

这节课我们先来了解主从复制，主从复制就像是一个主人带一堆的仆从，主人能接收外面的信息，仆从不能接触外面的信息，主人在接收到外面的信息后，按照一定的策略将外面的信息完整分享给仆从们。

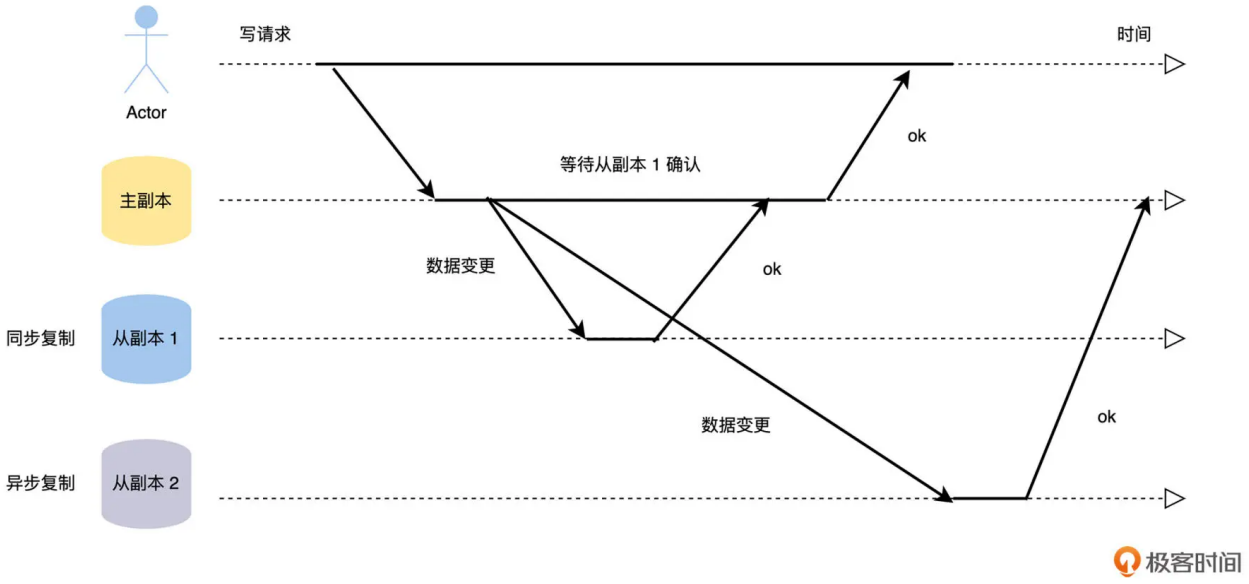
主从复制是我们工作中最常见、最容易理解的复制方案，比如我们接触最频繁的缓存系统 Redis、关系数据库 MySQL 和 PostgreSQL、非关系数据库 MongoDB 和消息队列

Kafka 都内置支持主从复制，它的工作流程如下图。



关键选择：同步复制 OR 异步复制

主从复制的工作流程，主要就是将变更数据从主副本复制到从副本，但是这里有一个非常关键的选择：主副本在接受外部客户端的写请求，将新数据写入本地存储后，是同步等待从副本也将新数据写入本地存储后，才回复客户端写入成功，即同步复制；还是立即向客户端回复写入成功，即异步复制呢？具体的过程如下图。



我们可以从图中看到，主副本在处理写请求的时候，会等待配置**同步复制**的从副本 1 确认成功后，才返回客户端。而对于配置**异步复制**的从副本 2，主副本不会等待它的确认，就直接向客户端返回写入成功了。

这里我们来举一个例子，比如我在极客时间上更新了头像后，如果你立即去查看我的头像，那么可能会出现以下三种情况：

读主副本：你从主副本去读取我的头像，因为头像就是从这个副本写入的，所以你查询到的是我刚刚更新的头像。

读同步复制的从副本：你从从副本 1 去读取我的头像，因为头像的写入请求会同步等待这个从副本复制完成，所以你查询到的是我刚刚更新的头像。

读异步复制的从副本：你从从副本 2 去读取我的头像，因为头像的写入请求和这个从副本的复制操作是异步的，写入请求成功不能保证该副本数据复制完成，所以你有可能查询到我刚刚更新的头像，也有可能是上一次更新的头像。

了解完同步复制和异步复制的工作流程后，你可能觉得它们之间差别也不太大，只是在主副本处理客户端写请求时，是否等待从副本同步完成后再返回客户端。但是，这两种不同的复制方案却对系统可用性的设计有着非常大的影响。

如果我们选择**同步复制**，那么在数据更新的时候，主副本都需要等待从副本写入成功。正常情况下这个时间非常短，在 1 秒钟内就可以完成，但是由于主、从副本分别运行在不同的机器上，可能出现网络延迟、中断和机器故障的情况。因此数据从主副本复制到从副本的时延就变得不可预测，可能数秒或者数十秒，甚至写入失败。

例如，一个用户在更新头像时，如果一个从副本突然宕机，那主副本就会迟迟收不到这个从副本同步完成的通知。由于是同步复制，系统就不能向用户返回更新成功的提示，待等待超时后，只能提示用户头像更新失败，这样会非常影响系统可用性的设计。

但是它也有优点，由于所有的数据都是同步从主副本复制到从副本的，**所以主、从副本都有最新的数据版本，它们都能对外提供读服务，并且数据都是正确的，即系统的数据是强一致性的**。

如果我们选择**异步复制**，在数据更新的时候，主副本写入成功就会返回成功，不会同步等待从副本是否写入成功，数据变更后通过异步的方式进行复制。由于数据的更新操作不依赖从副本，所以不受网络和从副本机器故障的影响，写入性能和系统可用性会大大提高。

但是由于主、从副本间的数据变更不是同步复制的，所以从副本上的数据可能不是最新的版本，那么就会有两个问题。

首先，**当主副本突然故障时，主副本上写入成功，但是还没有复制到从副本的变更就会丢失，这种情况在数据正确性要求高的场景里是不可以接受的。**比如你在极客时间的 App 中充值了 100 元，充值请求就会将余额增加 100 元的变更写入主副本。在数据更新还未同步到所有从副本的时候，主副本突然宕机了，这个时候，我们会将其中的一个从副本切换为主副本，以便正常对外提供服务。

但是由于主、从副本间的数据变更不是同步复制的，现在所有的副本都没有收到余额增加 100 元的数据变更，那么你就会发现刚刚的 100 元已经花出去了，而余额中并没有增加 100 元，这个时候你一定会找客服投诉的。

其次，**我们可能会通过从副本读到老版本的数据，在正确性要求高的场景下，就不能通过从副本来提供读服务了。**在异步复制的场景中，如果要通过从副本读取数据，要么我们能接受旧版本的数据，要么我们在读数据的时候给定一个版本号，要求读取小于或者等于这个版本号最新的数据。然后处理读请求的从副本，通过等待或者主动向主副本同步数据的方式，确保本地数据的版本超过读请求的版本号后，再按要求返回数据。

从上面的讨论中，可以看到 CAP 理论的权衡，同步复制模式选择了 C ，而放弃了 A ，是 CP 模型；而异步复制模式选择了 A ，而放弃了 C ，是 AP 模型。为了让你更好地理解，我总结了同步复制和异步复制的优缺点，具体见下表：

复制方式	同步复制	异步复制
优点	1主从副本的数据完全一致（强一致） 2.主副本故障不会丢数据 3.从副本可以对外提供读服务	1写性能高 2.可用性高
缺点	1写性能低 2.可用性低	1主从副本的数据最终一致 2.主副本故障可能会丢数据 3.在数据一致性要求高的业务中从副本不可以对外提供读服务
CAP	CP	AP

极客时间

通过这些讨论，你会发现同步复制和异步复制的优缺点都非常明显，所以我们很自然会想到**混合的复制方式**，比如有一个主副本，一个同步复制的从副本，其他都是异步复制的从

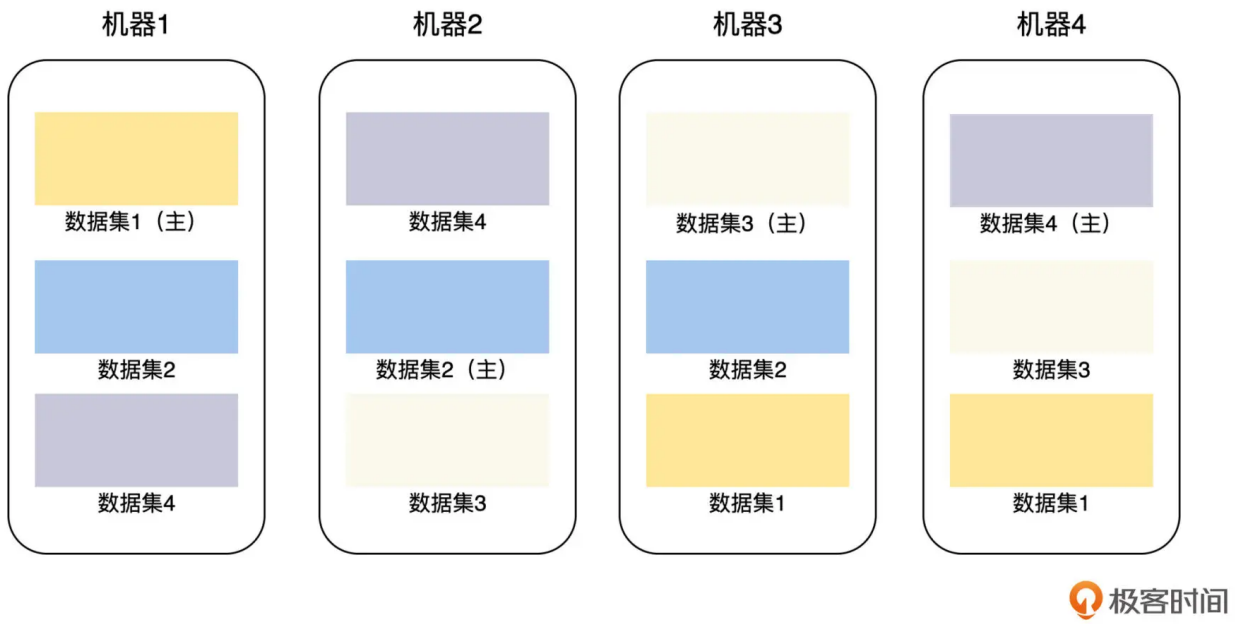
副本。

这样如果主副本故障，由于有一个同步复制的从副本，所以不会出现数据丢失的严重问题，并且这个从副本也能提供数据完全一致的读服务。另外其他从副本可能会读到旧版本数据，但是由于只有一个同步复制的从副本，对系统的写性能和可用性的影响也相对较少。

主从复制的粒度更小一点

我们上面讨论的主从复制模型，是基于每一个副本都有全量的数据集的，如果我们将这个主从复制的粒度变小一点，比如可以指定每一个副本最大为 128 M，对于全量数据集按 128 M 拆分成多个副本，在每一个主从复制副本集内部做同步复制，**这其实就是水平分片和主从复制的组合方式，也是当前分布式存储系统中非常流行的数据复制方案**。

比如，我们有 4 台存储机器，每台机器可以存储 3 * 128 M 数据，当前我们的数据集合总量为 4 * 128 M，那么，我们可以将这个数据集拆分为 4 个分片，每个 128 M，然后将这些分片和分片的副本分布到这 4 台机器上，具体的方法见下图。



这样将主从复制的粒度变小一点的方法，可以带来一些显著优点：

首先，系统中的每一台机器都可以负责一部分主副本，提升了系统的写入性能和可用性。

其次，可以让主从复制的副本数量不再和机器数量强绑定。在前面讨论的每一个副本都有全量数据集的方案中，每增加一台机器，都会导致副本集的数目增加 1 个，给系统带来了更多数据副本的性能开销。

但是，当主从复制的副本数量不再和机器数量强绑定，比如指定副本数量为 3 个，那么我们需要同步的从副本数量就是 2 个，不论集群的机器的数量如何增加，副本的数量都不会改变，这样我们就可以通过增加机器，来提升整个系统整体的读写性能。

总结

在分布式系统中，为了实现数据的高可用性，我们只能通过数据复制将数据保存多个副本。那么基于是否有主副本，有一个还是多个主副本，我们可以将数据复制的方案分为以下三种：主从复制、多主复制、无主复制。

接下来，我们重点讨论了主从复制的工作流程和主从复制的一个关键选择：同步复制 OR 异步复制，讨论了它们相关的优缺点，以及它们对系统设计的影响。并且，为了在系统的写性能和可用性之间取得更好地平衡，我们进一步讨论了同步、异步复制的混合使用方式。

最后，**我们通过将主从复制的粒度变小一点的方法，得到了当前分布式存储系统中非常流行的数据复制方案**。

思考题

请你根据标题思考一下，在主从复制的数据同步模式中，从副本的数据可以读吗？

欢迎你在留言区发表你的看法。如果这节课对你有帮助，也推荐你分享给更多的同事、朋友。

分享给需要的人，Ta订阅超级会员，你最高得 50 元

Ta单独购买本课程，你将得 20 元

生成海报并分享

赞 2 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 18 | 分片（二）：垂直分片和混合分片需要关注哪些因素？

下一篇 20 | 复制（二）：多主复制的多主副本同时修改了怎么办？

精选留言 (2)

写留言

小达
2022-03-17

副本的数据读到的可能是旧数据，如果场景不要求数据必须是最新的就可以读。老师，是这样吗

作者回复: 是的👍

peter
2022-03-16

请教老师几个问题啊： Q1：异步复制从从副本读取时的版本号怎么实现？ 文中提到，在异步复制的场景中，如果要通过从副本读取数据，一种方案是在读数据的时候给定一个版本号。请问这个版本号怎么实现？以MySQL为例，是每一个字段加版本号吗？好像不行。那是给每一行加版本号？如果是每一行加版本号，数据库中会存在多行不同版本号的数据吗？（对于一行数据，只要一个字段变化，就增加一行，用新的版本号标识） Q2：多副...

展开

作者回复: Q1：这个一般是存储引擎内部实现和使用的，对外不暴露出来，不是存储引擎的开发者，一般不会涉及到。另外数据按版本存储和查询，在事务的隔离性中会讨论。

Q2：从主副本读数据或从副本读取数据，这个很多系统的实现是由工程师在客户端来指定，比如mongodb。

Q3：课程中例子里，一个节点可以存储 3 个 128 M的分片，数据为 3 副本，所以如果增加 128M 的空间，增加一个节点就可以了，数据的分布在集群中自动一下，让 3 个副本分布到不同的节点上。